

Cultivo de semilla de ostra plana (*Ostrea edulis* L.) en un estanque de dorada (*Sparus aurata*)

Culture of european flat oyster (*Ostrea edulis* L.) spat in a pond with gilt-head bream (*Sparus aurata*)

M^a José ROSIQUE* y Juana CANO**

Recibido el 14-IX-1998. Aceptado el 1-XII-1998

RESUMEN

El cultivo de ostra plana se ha desarrollado en dos estanques de 450 m³, en uno de ellos hay un stocks de reproductores de dorada (*Sparus aurata*) (estanque 1) y en el otro no hay peces (estanque 2). Tras proceder a un registro mensual de los parámetros ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno, clorofila a, materia orgánica e inorgánica en suspensión, pH) y de la evolución del peso y talla en los dos estanques, se establece un modelo general de crecimiento. El crecimiento de la ostra en el estanque 1 es muy superior al obtenido en el estanque 2. Además, aunque se han detectado casos de marteliosis en los dos estanques, en el estanque 1 la incidencia del protozoo *Marteilia refringens* es baja (28%), siendo la supervivencia de las ostras elevada (82,17% - 96,57%). En el estanque 2 donde la incidencia es alta (70%), la supervivencia ha sido muy baja (16,34% - 30,39%).

ABSTRACT

The oysters were cultured in two ponds with a volume of 450 m³ each, one containing gilt-head bream (*Sparus aurata*) spawners (pond 1), the other without fish (pond 2). Environmental data (temperature, salinity, dissolved oxygen content, chlorophyll a, suspended organic and inorganic matter, pH) and height and weight data were collected in the two ponds monthly and used to develop a generalized growth equation. Oyster growth was considerably higher in pond 1 than in pond 2. In addition, though infestation by the protozoan *Marteilia refringens* was recorded in both ponds, in pond 1 incidence was low (28 %), overall oyster survival rates high (82.17% - 96.57 %). In pond 2 incidence was higher (70 %) and survival rates quite low (16.34% - 30.39 %).

PALABRAS CLAVE: *Ostrea edulis*, *Sparus aurata*, estanque, policultivo, crecimiento, supervivencia.

KEY WORDS: *Ostrea edulis*, *Sparus aurata*, pond, polyculture, growth, survival.

INTRODUCCIÓN

Las variaciones en el crecimiento de los moluscos bivalvos como consecuencia de las diferencias ambientales, ya sea como aumento del tamaño absoluto o

como cambios en las relaciones alométricas entre la concha y la carne de los moluscos bivalvos, han sido puestas de manifiesto por diversos autores (DAME,

* Apdo. 113, 30730 San Javier (Murcia), España.

** Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de La Coruña. Apdo. 130, 15080 La Coruña, España.

1972; ALDRICH Y CROWLEY, 1986; ABALDE, ANDRÉS, CID Y GUERRA, 1990).

Sin duda alguna, las variables ambientales que más influyen en el crecimiento de bivalvos marinos en cultivo son la temperatura y el alimento (BAYNE Y NEWELL, 1983). La actividad de la ostra plana se reduce para temperaturas inferiores a los 8-10°C (PAQUOTE Y MORICEU (1987) en el Mediterráneo francés; ABALDE ET AL. (1990) en las rías de Arosa y Ortigueira (noroeste de España); ROSIQUE, MORENO Y GARCÍA GARCÍA (1993) en el Mediterráneo sudoriental español). Este descenso en la tasa de filtración también ha sido constatado por algunos autores para temperaturas superiores a los 30°C, produciéndose, por tanto, una ralentización del crecimiento (AZOUZ, 1971; AGIUS, JACCARINI Y RITZ, 1978; ASKEW, 1978), mientras que CANO Y ROCAMORA (1996) han observado que el crecimiento no se detiene para temperaturas superiores.

También existe una estrecha correlación entre el alimento disponible y el crecimiento, por ello en zonas de baja productividad primaria se aconseja la utilización de estanques fertilizados, ANDERSEN Y NASS (1993) obtienen crecimientos superiores del pectínido *Pecten maximus* cultivados en estos estanques frente a los cultivados en mar abierto. Otros autores defienden la utilización del policultivo de peces y moluscos, para KASPAR, HALL Y HOLLAND (1988) y STIRLING Y OKUMUS (1995) con el policultivo de salmón y mejillón ambas especies salen beneficiadas, por un lado los detritos del salmón directa o indirectamente sirven de alimento al mejillón a la vez que se mejora el proceso de desnitrificación reduciendo el impacto ambiental. JONES Y IWAMA (1991) encuentran resultados similares para la ostra *Crassostrea gigas* y el salmón *Oncorhynchus tshawytscha*, cultivados en jaulas y ALMEIDA Y COIMBRE (1990) en antiguas salinas transformadas en estanques de dorada, lubina, mujol y anguila.

Otros parámetros que también pueden influir son los valores de pH que deben mantenerse entre 7 y 9 (BAMBER,

1990), la salinidad entre un 25-42 ‰ (MARTEIL, 1976) y el contenido de oxígeno del medio marino, que en condiciones normales es suficiente para asegurar la vida de la ostra aunque en situaciones extremas puede sobrevivir cerrando sus valvas siempre que la situación no se prolongue (ALMEIDA Y COIMBRE, 1990).

En este estudio se analiza y compara el crecimiento y la supervivencia de la semilla de ostra plana (*Ostrea edulis* L.) del Mar Menor (SE de España) cultivada en régimen de policultivo de peces y moluscos [estanque con ostra plana (*Ostrea edulis* L.) y dorada (*Sparus aurata*)] y monocultivo de ostra plana.

MATERIAL Y MÉTODOS

Cultivo: Las semillas fueron recolectadas utilizando el colector conocido como "sombrerillo chino" en 1994 en el Mar Menor, laguna costera hipersalina de 135 Km², ubicada en el extremo oriental de la Región de Murcia. Una vez despegadas de los colectores se trasladaron a un estanque de cultivo ubicado en el Centro de Recursos Marinos de la Comunidad Autónoma de Murcia (SE España) (Fig. 1).

En diciembre de 1994 todas las semillas fueron clasificadas según su tamaño en tres clases: clase 1 (talla < 35 mm), clase 2 (35 mm < talla < 50 mm) y clase 3 (talla ≥ 50 mm), introduciéndolas en el estanque 1. Los valores de cada clase, al inicio del cultivo podemos observarlos en la Tabla I. En total se clasificaron 3320 semillas, 60% pertenecían a la clase 1, 30% a la clase 2 y 10% a la clase 3, que fueron depositadas en "cestas ostrícolas" a las densidades de 200, 100 y 35 ostras cesta, respectivamente. Las cestas ostrícolas fueron apiladas en columnas de 7 unidades siendo la última cesta utilizada para el lastre y la primera como tapadera. Estas cestas son de plástico rígido de 1 cm de luz de malla, 40 cm de diámetro y 10 cm de altura, y divididas en cuatro espacios internos. En abril de 1995 cada lote de semillas pertenecientes a las tres clases se dividió en dos



Figura 1. Localización geográfica de la zona de captación de semilla (St) de ostra plana (*Ostrea edulis*) y estanques (E) donde se realizó el engorde.
 Figure 1. Geographic location of the area where the European oyster (*Ostrea edulis*) spat was collected (St) and the ponds where the spat was then cultured (E).

para introducir una réplica en el estanque 2, finalizando la experiencia en enero de 1996. Mensualmente se muestrearon las semillas con la determinación del peso total (g) y la altura (mm).

Los dos estanques tenían un volumen útil de 450 m³, con 52 m de largo, 12 m de ancho y 1 m de profundidad. Estaban construidos en tierra con la pared en talud hacia el interior. Tanto las paredes como el fondo estaban impermeabilizadas con una lámina de polietileno de alta densidad de 1 mm de espesor, lo que permitía retirar periódicamente los res-

tos de alimento y detritus evitando de este modo los problemas relacionados con la eutrofización del fondo.

Los dos estanques donde se llevaron a cabo las experiencias eran muy diferentes, ya que en el estanque 1 (E1) había establecido un stock de 3000 reproductores de dorada (*Sparus aurata*) entre 250 g y 600 g de peso. El caudal de agua, procedente del mediterráneo, oscilaba entre 112 m³/h y 152 m³/h, y en el mes de junio se instaló en el centro del tanque un aireador mecánico de hélice capaz de impulsar un caudal de agua de 180 m³/h

Tabla I. Valores medios de peso (g) y talla (mm) de la semilla clasificada por tamaños (S: desviación típica; d: error estándar de la media).

Table I. Mean weight (g) and height (mm) for the oyster spat by size class (S: standard deviation; d: standard error of the mean).

Fecha	Clase	Peso (g)			Altura (mm)		
		\bar{x}	S	d	\bar{x}	S	d
Diciembre 1994	1	2,86	1,24	0,31	29,9	4,9	1,22
	2	6,58	2,05	0,51	42	4,42	1,1
	3	12,2	3,19	0,9	50,9	4,6	1,3
Enero 1996	1	3,79	1,36	0,47	35,1	4,93	1,71
	2	13	4,88	1,22	50,7	5,52	1,37
	3	18,2	4,24	1,42	56,3	5,48	1,84

a una altura de 1 m y proyectarla sobre la superficie en un diámetro aproximado de 3 m. En el estanque 2 no había peces ni aireador de hélice y el caudal de agua oscilaba entre 22, 4 m³/h y 30, 4 m³/h. En los dos estanques la renovación de agua se produjo durante 24 horas al día.

Parámetros ambientales: En cada uno de los estanques con una periodicidad al menos mensual, se determinaron la temperatura (°C), el pH (phmetro CRISON-50), el oxígeno disuelto (ppm, con oxímetro YSI-58) y saturación de oxígeno (%). Los niveles de clorofila a (mg/l) se determinaron por el método Scor-Unesco filtrando una alícuota de 500-1 000 ml de agua y realizando la extracción con acetona al 90%, la lectura se realizó en un espectrofotómetro.

Para determinar la materia en suspensión se analizó una alícuota de 500 a 1000 ml utilizando filtros de fibra de vidrio GF/C Whatman previamente pesados tras filtrar agua destilada por ellos y haber permanecido 2 h a 450°C. El total de la materia en suspensión se determinó después de filtrar la muestra y permanecer 12 h a 100°C. Para determinar la materia orgánica (POM) e inorgánica (PIM) en suspensión (mg/l) el filtro una vez pesado, se introdujo en un horno mufla a 550°C hasta peso constante (aproximadamente 5 h), por dife-

rencia entre el total de materia en suspensión y las cenizas retenidas en el filtro (PIM) se obtuvo el POM.

Análisis del crecimiento

Crecimiento relativo: Las relaciones de crecimiento entre la longitud y el peso se calcularon mediante la función exponencial $Y = a \cdot X^b$, donde Y es el peso, X la talla, y a y b fueron los coeficientes de la ecuación.

Tasa instantánea de crecimiento: Para poder comparar crecimientos en períodos iguales de cultivo, dada la irregularidad de alguno de los períodos de muestreo se empleó un coeficiente o tasa instantánea de crecimiento (SPENCER Y GOUG, 1978), referido como índice de crecimiento mensual:

$$GT_{30} = \frac{30}{t} \times \ln \frac{T_f}{T_i} \quad GP_{30} = \frac{30}{t} \times \ln \frac{P_f}{P_i}$$

T y P: talla y peso medio inicial (i) y final (f)
t: días transcurridos entre muestreos

Evolución del crecimiento: En todas las clases se determinó la evolución del crecimiento mediante la ecuación de regresión lineal entre longitud y días de cultivo, obtenida a partir de la fórmula de la tasa instantánea de crecimiento

$$\ln Y = a + bX.$$

Y: Valores medios de talla o peso alcanzados transcurridos X días desde el inicio del cultivo.

X: Días de cultivo

Para comparar las diferencias entre los coeficientes de regresión se utilizó la t-Student, para un nivel de confianza del 95%.

Modelo general de crecimiento: Mediante el análisis de regresión múltiple se obtuvieron los coeficientes de las variables independientes (coeficientes parciales) y su grado de significación mediante la t-Student. A partir de estos coeficientes se obtuvo la expresión matemática que define el modelo de crecimiento:

$$Y = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + \dots + A_nX_n$$

X_{1-n}: Variables independientes (peso o talla inicial, variables físico químicas, días de cultivo)

A_{1-n}: Coeficientes de regresión parcial

A₀: Constante.

Y: Variable dependiente.

La matriz de correlación de Pearson se utilizó para establecer el grado de correlación existente entre la tasa de crecimiento en peso y talla (variable dependiente) y la temperatura, clorofila a, materia orgánica e inorgánica, % saturación de oxígeno, pH, y peso y talla inicial (variables independientes), que indica la dependencia lineal entre cada dos variables bajo la influencia de las demás variables. El cuadrado de los coeficientes de correlación o coeficientes de determinación (R²), expresa el tanto por uno en que la variación de una variable es debida a la variación de otra y multiplicado por 100 se utiliza para medir el % en que una variable depende de la otra.

La significación de toda la regresión se estudió mediante el análisis de la varianza (ANOVA). Para ver si el modelo de correlación propuesto es apropiado para los datos se utiliza el coeficiente de determinación ajustado (R²_{adj}) que expresa el porcentaje de la varianza de los datos explicada por las variables independientes del modelo. Para la realización de los análisis de correlación y el análisis de regresión múltiple se utiliza el programa informático Statgraphics.

Mortalidad: En cada uno de los muestreos se contabilizó el número de ostras muertas para estimar la tasa de mortalidad por periodos, así como la mortalidad total al finalizar el cultivo.

$$M\% = \frac{N_{t-1} - N_t}{N_{t-1}} \times 100$$

donde N_{t-1} y N_t fueron las poblaciones en el momento t-1 y t, respectivamente.

Detección de los parásitos *Bonamia ostreae* y *Marteilia refringens*: Una vez concluido el estudio se analizaron 30 ejemplares de cada uno de los estanques, 10 por clase elegidos al azar.

La detección de *Bonamia ostreae* se realizó mediante examen microscópico utilizando las técnicas de frotis de la hemolinfa. Una vez abierto el molusco, se aisló el ventrículo de la ostra depositando mediante frotis la hemolinfa en un portaobjetos y dejándolo secar al aire. Posteriormente se fijó y tñó la preparación empleando metanol puro durante dos minutos, tras los cuales se escurrió el porta de canto en un papel de filtro por unos segundos. Para la tinción se empleó la solución Hemacolor 2 (2 min). Tras ser escurrido en un papel de filtro se pasó a la solución Hemacolor 3 (2 min). Se lavó con agua corriente y se dejó secar. Se montó utilizando Eukitt.

Para la detección de *Marteilia refringens* se utilizaron técnicas histopatológicas de la glándula digestiva. Una vez abierta la ostra se realizaron cortes de unos 5 mm de espesor de la glándula digestiva, branquia y manto. Estas muestras se fijaron por inmersión durante 24 horas en líquido fijador Davidson, formado por formaldehído puro (20%), glicerol (10%), ácido acético (10%), alcohol 96° (30%) y agua de mar (30%). Una vez deshidratadas con etanol fueron incluidas en parafina. Sobre los bloques obtenidos se realizaron cortes seriados de 5-7 μm de espesor en un micrótopo de rotación. Las secciones tras ser desparafinadas e hidratadas fueron teñidas con hematoxilina-eosina.

RESULTADOS

Evolución de los parámetros ambientales: En la Figura 2 está reflejada la evolución de la materia orgánica

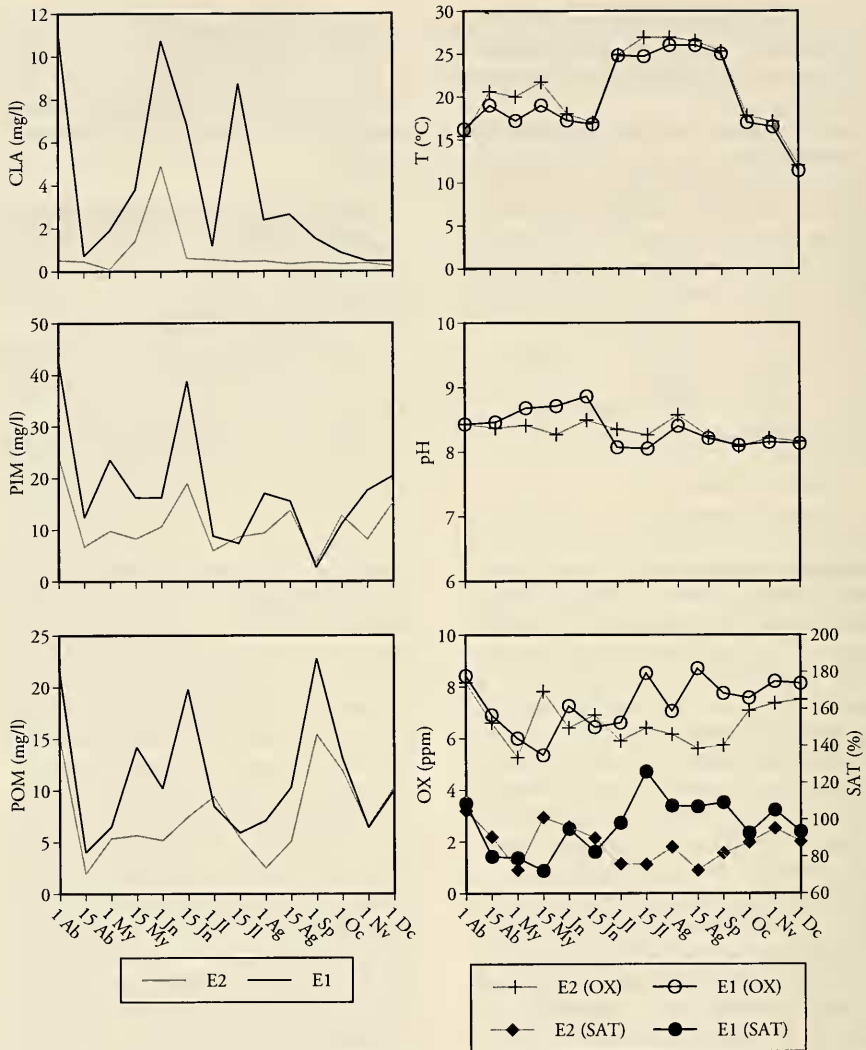


Figura 2. Evolución de los parámetros ambientales: clorofila a (CLA), materia inorgánica particulada (PIM), materia orgánica particulada (POM), temperatura (T), oxígeno disuelto (OX), y saturación de oxígeno (SAT) en los estanques 1 (E1) y 2 (E2).

Figure 2. Changes in environmental parameters: chlorophyll a (CLA), particulate inorganic matter (PIM), particulate organic matter (POM), temperature (T), pH, dissolved oxygen (OX), and oxygen saturation level (SAT) in ponds 1 (E1) and 2 (E2).

(POM) e inorgánica (PIM) en suspensión, de los niveles de oxígeno (OX y SAT), del pH y las variaciones anuales de los niveles de clorofila a (CLA) y temperatura (T), en los estanques 1 y 2 en el periodo abril-diciembre de 1995.

Podemos observar que los niveles de clorofila, y de materia orgánica e inorgánica en suspensión fueron superiores en el estanque 1, debido a la alimentación de los peces, los valores de temperatura y pH fueron semejantes en los dos estan-

Tabla II. Análisis de la varianza entre los parámetros ambientales de los estanques 1 (E1) y 2 (E2).
 Tabla II. *Analysis of variance between environmental parameters in ponds 1 (E1) and 2 (E2).*

	POM	PIM	T	SAT	OX	pH
CLA	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
POM		0,43*	N.S.	0,42*	0,42*	-0,42*
PIM			N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
T				0,60**	N.S.	-0,79***
SAT					0,87***	-0,61**
OX						-0,54*

*0,05 > p > 0,01; **0,01 > p > 0,001; ***p < 0,001; N.S.= No significativo

ques, mientras que los valores de oxígeno y saturación de oxígeno fueron más altos en el estanque 1 durante el verano cuando se puso en funcionamiento el aireador.

Para analizar la relación existente entre los parámetros ambientales se utilizó la matriz de correlación de Pearson (Tabla II). Los valores de clorofila no estaban influenciados por los demás parámetros ambientales del medio de cultivo. Entre el contenido de materia orgánica y los niveles de materia inorgánica y oxígeno existía una correlación positiva y negativa con el pH ($0,05 > p > 0,01$). El rango de temperatura (15,5-26,5°C) en el que se desarrolló el cultivo únicamente influyó en los niveles de saturación de oxígeno ($0,01 > p > 0,001$) y en el pH ($p < 0,001$).

Crecimiento de la ostra plana

Crecimiento relativo: En la Figura 3 observamos las curvas de crecimiento relativo de la ostra plana representadas por la ecuación de regresión entre las variables morfométricas peso y talla, a la finalización del cultivo en los dos estanques. Observando la constante b de la ecuación de regresión podemos decir que la población presenta una alometría negativa, es decir, mayor crecimiento en talla que en peso. El análisis de la T-Student (nc: 95%) revela que al finalizar el estudio en el estanque 1 no había diferencias significativas entre las clases 2 y 3, pero sí entre estas dos y la

clase 1. Sin embargo en el estanque 2 se observaron diferencias significativas entre la clase 3 y las clases 1 y 2, no observándose diferencias significativas entre estas dos últimas.

Tasa instantánea de crecimiento: En la Figura 4 están reflejadas las tasas instantáneas de crecimiento en peso y talla de cada una de las clases en los estanques 1 y 2. En el estanque 1 para las clases 1 y 2 se observaron diferencias tanto en peso como en talla registrándose las mayores tasas instantáneas de crecimiento entre mayo y julio, e iniciándose un descenso hasta alcanzar el mínimo durante el periodo octubre/95-enero/96. En el estanque 2 la tasa de crecimiento en peso y talla para la clase 1 presentó dos importantes bajadas en septiembre y enero lo que indica que no solo las ostras no crecieron sino que la elevada mortandad registrada durante el periodo estival afectó sobre todo a las ostras de mayor tamaño; para la clase 2 apenas hubo variaciones. La clase 3 en el estanque 1 a partir de abril inició un ascenso alcanzando su máximo en el mes de junio. En el estanque 2 la tasa de crecimiento en peso descendiendo desde el comienzo del cultivo, y la tasa de crecimiento en talla apenas experimentó variaciones, probablemente debido a la escasez de alimento.

Evolución del crecimiento: Las rectas de regresión lineal que relacionan el crecimiento con los días de cultivo para las clases de los estanques 1 y 2 están repre-

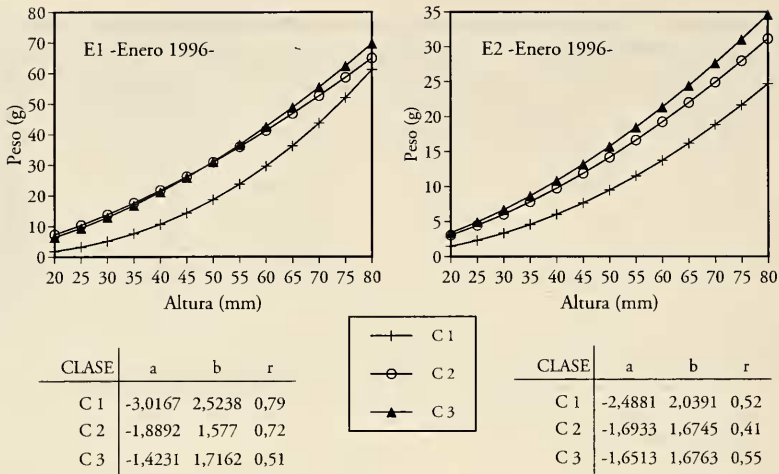


Figura 3. Crecimiento relativo de la ostra plana de la clase 1 (C1), clase 2 (C2) y clase 3 (C3) en los estanques 1 (E1) y 2 (E2) al finalizar el cultivo en enero de 1996.
 Figure 3. Relative growth of the European oysters in spat size classes 1 (C1), 2 (C2), and 3 (C3) in ponds 1 (E1) and 2 (E2) at the end of the culture period in January 1996.

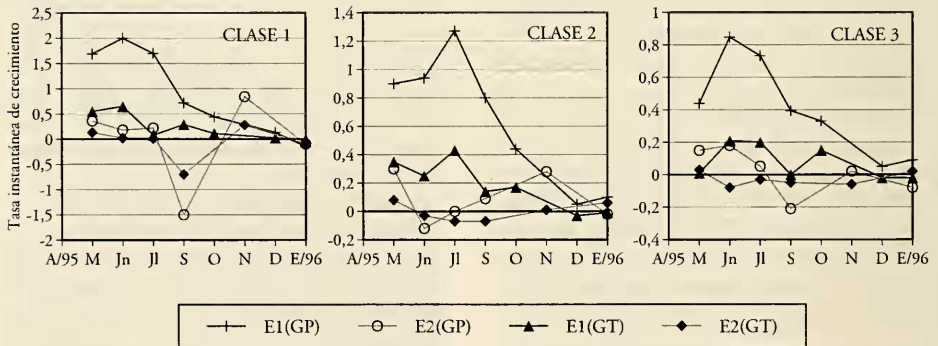
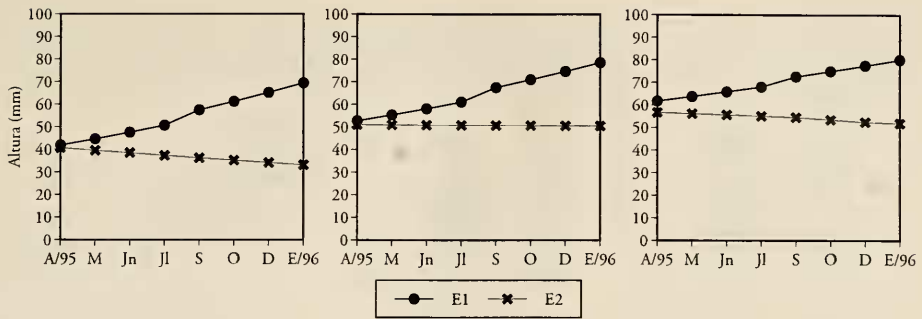


Figura 4. Tasas instantáneas de crecimiento en peso (GP) y talla (GT) de las clases 1, 2, y 3 en los estanques 1 (E1) y 2 (E2).
 Figure 4. Instantaneous rates of weight (GP) and height (GT) growth for spat size classes 1, 2, and 3 in ponds 1 (E1) and 2 (E2).

sentadas en la Figura 5 para la talla y en la Figura 6 para el peso. Para un nivel de confianza del 95% el análisis de las ecuaciones revela que entre las clases del estanque 2 no existen diferencias significativas en el crecimiento, con independencia del tamaño inicial de la semilla. Sin embargo, en el estanque 1 si

se encuentran diferencias significativas entre el crecimiento de las semillas según el tamaño inicial de las mismas. La pendiente de la clase 3 es inferior a las de las clases 1 y 2, ya que al estar formada por ejemplares de mayor tamaño disminuye la tasa de crecimiento.



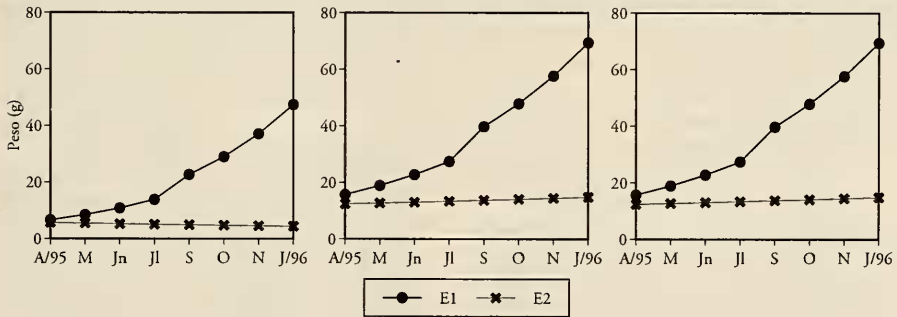
Clase 1	a	b	r ²
E1	3,991	0,001	0,89
E2	4,037	-0,001	0,82

Clase 2	a	b	r
E1	3,863	0,002	0,89
E2	3,932	-0,001	0,25

Clase 3	a	b	r ²
E1	3,608	0,001	0,76
E2	3,705	-0,001	0,47

Figura 5. Evolución de los valores medios de talla y recta de regresión lineal que relaciona el crecimiento con los días de cultivo de las tres clases en los estanques 1 (E1) y 2 (E2).

Figure 5. Mean height values and linear regression line for growth on culture time in days for the three spat size classes in ponds 1 (E1) and 2 (E2).



Clase 1	a	b	r
E1	2,609	0,005	0,95
E2	2,982	-0,001	0,13

Clase 2	a	b	r
E1	2,381	0,006	0,93
E2	2,515	0,001	0,8

Clase 3	a	b	r
E1	1,401	0,008	0,81
E2	1,735	-0,001	0,22

Figura 6. Evolución de los valores medios de peso y recta de regresión lineal que relaciona el crecimiento con los días de cultivo de las tres clases en los estanques 1 (E1) y 2 (E2).

Figure 6. Mean weight values and linear regression line for growth on culture time in days for the three spat size classes in ponds 1 (E1) and 2 (E2).

El análisis de frecuencias de talla (Fig. 7) y peso (Fig. 8) de las tres clases una vez finalizado el cultivo (enero/96) corrobora los resultados obtenidos en las tasas de crecimiento. En la clase 1 en el mes de abril las ostras se encontraban

entre los 3-10 g de peso y al finalizar el ensayo en el estanque 2 solo un 8% superó este rango, mientras que en estanque 1 toda la población superó los 14 g, alcanzando hasta los 70 g de peso y los 80 mm de talla. En la clase 2 del

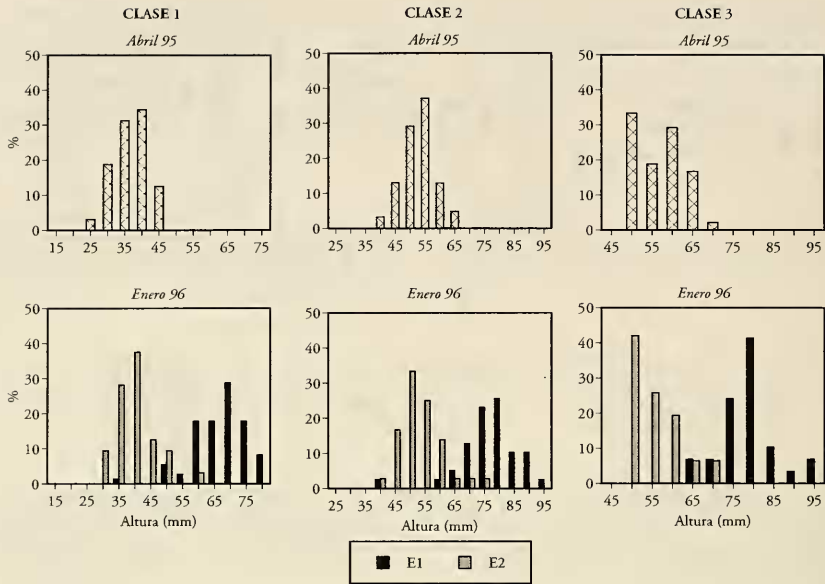


Figura 7. Histogramas de frecuencias de talla (mm) de las ostras planas de las clases 1, 2, y 3 en los estanques 1 (E1) y 2 (E2) al inicio del cultivo en abril de 1995 y al finalizar el cultivo en enero de 1996.
 Figure 7. Height (mm) frequency histograms for European oysters in spat size classes 1, 2, and 3 in ponds 1 (E1) and 2 (E2) at the begin of the culture period from April 1995 and at the to January 1996.

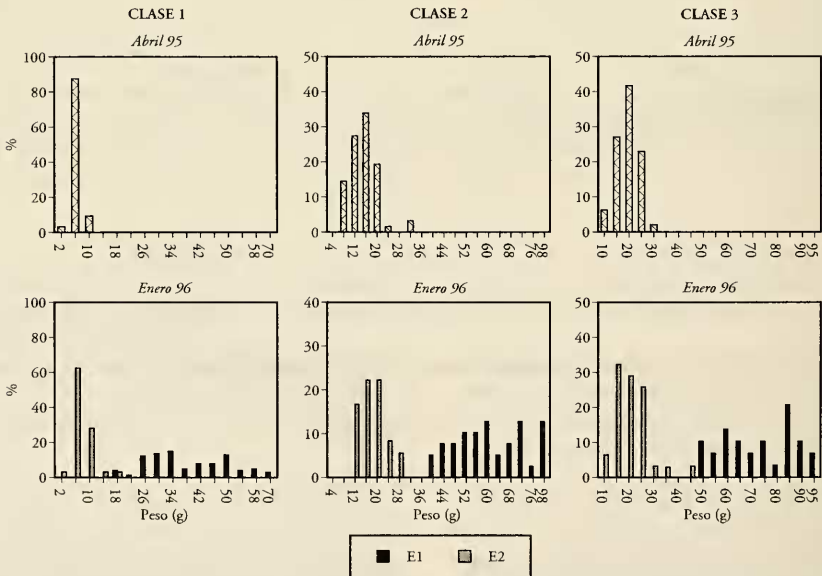


Figura 8. Histogramas de frecuencias de peso (g) de las ostras planas de las clases 1, 2, y 3 en los estanques 1 (E1) y 2 (E2) al inicio del cultivo en abril de 1995 y al finalizar el cultivo en enero de 1996.
 Figure 8. Weight (g) frequency histograms for European oysters in spat size classes 1, 2, and 3 in ponds 1 (E1) and 2 (E2) at the begin of the culture period from April 1995 and at the to January 1996.

Tabla III. Correlación entre los parámetros ambientales del medio de cultivo.
 Table III. Correlations between environmental parameters in the ponds.

Y		X							
		LnPi	LnTi	LnCLA	LnT	POM	PIM	pH	SAT
Estanque 1	LnGP	0,69***		0,58**	0,46*	N.S.	N.S.	0,58**	N.S.
	LnGT		0,64**	0,39*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Estanque 2	LnGP	N.S.		0,42*	N.S.	N.S.	0,33*	N.S.	N.S.
	LnGT		N.S.	0,39*	N.S.	0,30	0,35*	N.S.	N.S.

0,1 > p > 0,05; *0,05 > p > 0,01; **0,01 > p > 0,001; ***p < 0,001; N.S.= No significativo

estanque 1 las ostras pasaron de los 12-39 g de peso y 40-65 mm de talla inicial a superar el total de la población este rango alcanzando hasta los 98 g y 95 mm de peso y talla respectivamente en el mes de enero, mientras que en el estanque 2 se conservó el mismo rango de talla y peso que al inicio. La clase 3 tampoco experimento ningún crecimiento en el estanque 2, sin embargo en el estanque 1 toda la población se encuentra entre los 50-95 g de peso y 65-95 mm de talla.

El análisis de la varianza realizado al finalizar el cultivo en el estanque 1 revela que la semilla de tamaño intermedio (clase 2) fue capaz de alcanzar la misma talla que la semilla de mayor tamaño (clase 3) tanto en longitud como en grosor, aunque cuando comparamos la variable peso, todos los clases forman grupos heterogéneos. Sin embargo, en el estanque 2, al no haber experimentado apenas crecimiento no se observaron diferencias significativas entre la población al inicio y al final de la experiencia de las tres clases.

Modelo general de crecimiento: En la Tabla III se presentan los coeficientes de correlación existentes y los niveles de significación entre la tasa instantánea de crecimiento en peso (Ln GP) y talla (Ln GT) con los distintos parámetros medio-ambientales, y el peso y la talla inicial. Puesto que la tasa instantánea de crecimiento entre dos muestreos puede ser negativa y no existe un Ln de un número

negativo, se ha utilizado como termino dependiente Ln (GP+1) o LN (GT+1).

Si consideramos a la población del estanque 1, que fue la que experimento un buen crecimiento, la variable LnGP presentaba un coeficiente de correlación significativo para la clorofila a y el peso inicial ($p < 0,001$), pH ($0,01 > p > 0,001$) y temperatura ($0,05 > p > 0,01$). La aplicación del modelo reveló un elevado coeficiente de regresión ($R^2= 0,92$; $R_{adj}^2= 0,89$; $ST= 0,10$), siendo significativos los coeficientes de regresión parcial de cada una de las variables independientes, excepto para la clorofila a.

Para la tasa de crecimiento en talla (LnGT) se obtuvo un buen crecimiento, con un coeficiente de regresión de $R^2= 0,77$; $R_{adj}^2= 0,64$ y $ST= 0,9$. Siendo significativos los coeficientes parciales de las variables independientes talla inicial ($0,01 > p > 0,001$) y con la clorofila ($0,05 > p > 0,01$).

En el estanque 2, el crecimiento en peso guarda correlación con la clorofila y la materia inorgánica ($0,05 > p > 0,01$), la regresión múltiple nos da $R^2= 0,39$; $R_{adj}^2= 0,24$ y $ST= 0,07$. El crecimiento en talla está correlacionado con los niveles de clorofila y materia orgánica e inorgánica en suspensión ($0,05 > p > 0,01$), los coeficientes de regresión múltiple son $R^2= 0,46$; $R_{adj}^2= 0,35$ y $ST= 0,06$.

Mortalidad: En la Tabla IV está reflejada la mortalidad (%) registrada entre muestreos, para cada una de los tres clases, en los dos estanques.

Tabla IV. Tasa de mortalidad entre muestreos.
Table IV. Percentage mortality rate between samples.

	C1		C2		C3	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Enero 1995	0		55		0,51	
Febrero	1		0,3		0	
Abril	0,73	0,85	1,5	0,51	0	0,49
Junio	1,46	0	4,33	3,84	2,94	4,9
Julio	1,48	0	0,79	10,37	0	2,06
Septiembre	9,52	10,81	6,42	6,25	0	0
Noviembre	4,94	58	6,02	27,69	0	31
Enero 1996	0	56	0	47,69	0	57,67

La supervivencia total alcanzada al finalizar el cultivo fue muy alta en el estanque 1, siendo para las clases 1 y 2 del 82,2%, y para la clase 3 de un 96,57%. En el estanque 2 la supervivencia fue baja, alcanzándose un 16,34% para la clase 1, un 30,39% para la clase 2 y un 28,99% para la clase 3.

Detección de parásitos: En ninguno de los dos estanques se ha detectado el parásito *Bonamia ostreae*, aunque si se ha detectado la presencia de *Marteilia refringens* en 8 ejemplares de los 30 analizados en el estanque 1 y en 21 ejemplares de los 30 analizados en el estanque 2.

DISCUSIÓN

Por un lado, el policultivo de peces y moluscos puede suponer un gran beneficio para la industria acuícola, ya que el cultivo de moluscos reduce los fenómenos de impacto ambiental producido por las jaulas de peces (ERVIK, JOHANSEN Y AURE, 1985; KASPAR ET AL, 1988) y además, mejora su crecimiento en estas zonas. JONES Y IWAMA (1991) en un ensayo realizado con cestas de ostra (*Crassostrea gigas*) situadas a diferentes distancias de las jaulas de salmón (*Oncorhynchus tshawytscha*) obtuvieron resultados de tasas de crecimiento e índices de condición significativamente

superiores en las cestas que estaban junto a la red de las jaulas. STIRLING Y OKUMUS (1995) también encontraron mejores crecimientos en peso y talla en los mejillones cultivados junto a jaulas de salmón que en los cultivados en criaderos exclusivamente de moluscos, apuntando que está mejoría podría estar ocasionada por la posibilidad de utilizar los restos de partículas fecales, en forma de fragmentos microparticulados suspendidos, como un suplemento alimenticio fundamentalmente cuando el fitoplancton era insuficiente.

Por otra parte, el cultivo en estanques presenta entre otras ventajas, el permitir controlar las condiciones de cultivo, protección directa frente a depredadores y disminuir los daños provocados por las olas en las estructuras de engorde, así como a mejorar la disponibilidad de alimento en el agua para los moluscos lo que influiría en la mejora de su crecimiento. La suplementación orgánica por la introducción de pienso y heces de los peces en el medio, en adición a la presencia de detritus y bacterias constituyen una buena fuente de energía (JONES Y IWAMA, 1991). Del nitrógeno que contiene el pienso aproximadamente el 20-25% es retenido por los peces y el resto o no es ingerido o se convierte en otros productos de desecho pudiendo ser utilizado por las bacterias y por el fitoplancton, que a su vez servi-

rán de alimento a la ostra (NEWEL Y FIELD, 1983; LANGDON Y NEWELL, 1990). Además, los restos de materia orgánica que se depositan en el fondo del estanque cuando son resuspendidos por los procesos de limpieza o simplemente por el movimiento de los peces puede ser filtrados por la ostra, ya que constituye una de sus fuentes alimenticias (WRIGHT, 1982; HERAL, 1989). ANDERSEN Y NASS (1993) utilizaron estanques enriquecidos (fertilizados) para el cultivo del pectínido *Pecten maximus*, y ALMEIDA Y COIMBRE (1990) utilizaron antiguas salinas transformadas en estanques de policultivo de diferentes especies de peces, dorada (*Sparus aurata*), lubina (*Dicentrarchus labrax*), anguila (*Anguilla anguilla*), mújol (*Mugil cephalus*) y una especie de ostreido, *Crasostrea gigas*.

El medio de cultivo ejerce una fuerte influencia en el crecimiento de la semilla, como ponen de manifiesto las diferencias observadas en ambos estanques. Entre el estanque 1 (policultivo de dorada y ostra plana) y el estanque 2 (monocultivo de ostra plana) se observaron diferencias significativas en los niveles de clorofila, temperatura, pH y saturación de oxígeno, y aunque las diferencias de materia orgánica entre ambos estanques no fueron significativas, de abril a finales de junio y de finales de agosto a octubre los niveles de materia orgánica en el estanque 1 fueron superiores. Estas diferencias en los parámetros medioambientales de los dos estanques influyeron de tal manera en el desarrollo del molusco que ostras que al año de cultivo alcanzaron el tamaño comercial en el estanque 1, no experimentaron ningún crecimiento en el estanque 2. Estas diferencias se manifiestan de igual modo entre la tasa de crecimiento en peso y talla del ejemplar, así en el estanque 2, donde las condiciones del cultivo han sido desfavorables y no se ha producido apenas crecimiento, no se observa ninguna correlación entre estos parámetros (tasa instantánea de crecimiento- tamaño). Sin embargo en el estanque 1 hay una estrecha correlación significativa entre la tasa instantánea de

crecimiento en peso y talla y el peso y la talla inicial de la ostra en el cultivo

Además de las diferencias observadas en los parámetros medioambientales de los estanques, hay que tener en cuenta otra serie de consideraciones que no han sido reflejadas en el modelo y que sin duda alguna influyen en el crecimiento de la ostra, como fueron las bajas tasas de renovación del estanque 2 (caudal: 22-30 m³/h) por lo que la circulación del agua fue muy leve y por tanto el intercambio de agua que rodeaba las cestas escaso, provocando un déficit de nutrientes en torno a ellas. ALMEIDA Y COIMBRE (1990) también observaron este fenómeno en un estanque de policultivo de peces y moluscos con baja tasa de renovación de agua en el que todos los moluscos murieron en verano. En pruebas de laboratorio WALNE (1974) comprobó que las tasas de crecimiento y filtración se incrementaban con las corrientes. En el estanque 2 además del bajo crecimiento se registran mortalidades masivas, ya que la elevación de la temperatura aumentó la tasa metabólica potenciando las consecuencias negativas de la menor disponibilidad de alimento (BAYNE Y NEWELL, 1983; CARDENETE, MUÑOZ, CUENCA Y DE LA HIGUERA, 1987).

En ambos estanques se han detectado ostras afectadas por el protozoo *Marteilia refringens*, en un 28% en el estanque 1 y un 70% en el estanque 2. Sin embargo, en el primero de ellos, donde las condiciones de cultivo han sido favorables la tasa de supervivencia fue elevada. Estos resultados se aproximan a los defendidos por WALNE (1974) y MARTEIL (1979) como valores normales de mortalidad natural (15%). Tampoco este parásito afectó al desarrollo del ciclo reproductivo de la ostra en el estanque ya que en el mes de septiembre un 60% de las ostras maestras presentaban morulas de esperma y un 13% mostraban algunos ovocitos. Otros autores tampoco han visto afectado el crecimiento de la ostra plana infestada por *Marteilia refringens*, GRIZEL, COMPS, BONAMI, COUSSERANS, DUTOIT Y LE PENNEC (1974) detectan este parásito en ostras aparentemente sanas con las

gónadas desarrolladas, y CLAVER (1990) en el Puerto de Santamaría y la Bahía de Algeciras en ostras parasitadas no detectaron una mortalidad superior a la observada en ostras sanas e incluso tenían las gónadas bien desarrolladas.

Sin embargo, en el estanque 2 además de ser mayor el número de ostras afectadas por el protozoo, también

han sido más espectaculares los daños provocados en el molusco, adelgazamiento progresivo adquiriendo la carne de las ostras un aspecto gelatinoso por las pérdidas de material de reserva, decoloración de la glándula digestiva, y alteraciones de la actividad valvar (FIGUERAS, 1979; ROBERT, BOREL, PICHOT Y TRUT, 1991).

BIBLIOGRAFÍA

- ABALDE, J., ANDRÉS, M. C., CID, A. Y GUERRA, A., 1990. Crecimiento de una población de semilla de ostra plana (*Ostrea edulis*) en tres estaciones de la costa gallega. *Actas III Congreso Nacional de Acuicultura*, 503-508.
- AGIUS, C., JACCARINI, V. Y RITZ, D. A. (1978) Growth trials of *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* in inshore waters off Malta (Central Mediterranean). *Aquaculture* 15, 195-218.
- ALDRICH, J. C. Y CROWLEY, M., 1986. Condition and variability in *Mytilus edulis* from different habitat in Ireland. *Aquaculture*, 52: 273-286.
- ALMEIDA, M. J. Y COIMBRE, J., 1990. Preliminary data on the growth of portuguese oyster (*Crassostrea angulata*) in sea water fish ponds in Mondego estuary (Portugal). *Actas III Congreso Nacional de Acuicultura*, 797-802.
- ANDERSEN, S. Y NASS, K. E., 1993. Shell growth and survival of scallop (*Pecten maximus* L.) in a fertilized, shallow seawater pond. *Aquaculture*, 110: 71-86.
- ASKEW, C. G., 1978. A generalized growth and mortality model for assessing the economics of bivalve culture. *Aquaculture*, 14: 91-104.
- AZOUZ, A., 1971. Possibilité d'ostreiculture dans le Lac de Char-el-Melh. *Bolletín de l'Institut d'Océanographie et pêche Salammbó*, 2 (1): 55-58.
- BAMBER, R.N., 1990. The effects of acidic seawater on three species of lamellibranch mollusc. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 143 (3): 181-191.
- BAYNE, B. L. Y NEWELL, R. C., 1983. Physiological energetics of marine mollusc. *The Mollusca Vol. 4. Physiology*, Part. 1 Academic Press. New York, 407-515.
- CANO, J. Y ROCAMORA, J. (1996) Growth of the european flat oyster in the Mediterranean Sea (Murcia, SE Spain). *Aquaculture International* 4, 67-84.
- CARDENETE, G., MUÑOZ, A., CUENCA, E. M. Y DE LA HIGUERA, M., 1987. Crecimiento de la ostra plana en el Mediterráneo. Evaluación de los resultados mediante un modelo computerizado de simulación del crecimiento. *Cuadernos Marisqueros Publicación Técnica*, 12: 413-418.
- CLAVER, D., 1990. Datos sobre marteliasis en la provincia de Cádiz. *Actas III Congreso Nacional de Acuicultura*, 941-955.
- DAME, R. F., 1972. The ecological energies of growth, respiration and assimilation in the interstitial American oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Biology*, 17: 243-250.
- ERVIK, A., JOHANNESSEN, P. Y AURE, J., 1985. Environmental effect of marine Norwegian fish farms. ICEBS, C. M. Sess. W. *Mariculture Committee*. 37.
- FIGUERAS, A., 1979. Tanatogénesis de la ostra. *Cuadernos Marisqueros Publicación Técnica*, 2: 1-113.
- GRIZEL, H., COMPS, M., BONAMI, J. R., COUSSE-RANS, F., DUTOIT, J. C. Y LE PENNEC, M. A., 1974. Recherches sur l'agent de la maladie de la glande digestive de *Ostrea edulis* L. *Science et Pêche*, 240: 7-30.
- HERAL, M., 1989. *La ostricultura francesa tradicional*. En: *Acuicultura*. Omega (Ed). I: 295-336.
- JONES, T. O. Y IWAMA, G. K., 1991. Polyculture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), with chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Aquaculture*, 92: 313-322.
- KASPAR, H. F., HALL, G. H. Y HOLLAND, A. J., 1988. Effects of sea cage salmon farming on sediment nitrification and dissimilatory nitrate reductions. *Aquaculture*, 70: 33-344.
- LANGDON, CH. J. Y NEWELL, R. I. E., 1990. Utilization of detritus and bacteria as food sources by two bivalves suspension-feeders, the oyster *Crassostrea virginica* and the mussel *Geukensia demissa*. *Marine Ecology Progress Series*, 58: 299-310.
- MARTEIL, L., 1976. "La conchiculture française, 2^e partie. Biologie de l'Huitre et de la Moule. *Reveaux Travaux Institute Peches Maritimes*, 40 (2): 125-320.
- MARTEIL, L., 1979. La conchiculture française traditionnelle. 3^e partie. *Reveaux Travaux Institute Peches Maritimes*, 43 (1): 5-130.
- NEWELL, R. C. Y FIELD, J. G., 1983. The contribution of bacteria and detritus to carbon and nitrogen flow in a benthic community. *Mar. Biol. Lett.* 4: 23-36.

- PAQUOTE, P. Y MORICEAU, J., 1987. Captage et prégrossissement de l'huître plate (*Ostrea edulis*) en Méditerranée. *Aqua Revue* 12: 18-22.
- ROBERT, R., BOREL, M., PICHOT, Y. AND TRUT, G., 1991. Growth and mortality of the European oyster *Ostrea edulis* in the Bay of Arcachon (France). *Aquatic Living Resources*, 4: 265-274.
- ROSIQUE, M. J., MORENO, J. Y GARCÍA GARCÍA, B., 1993. Croissance et survie des naissains d'huître plate (*Ostrea edulis* L.) de la Mar Menor (SE Espagne). Production Environment and Quality (Ed: G. Barnabé & P. Kestemont). Bourdeaux Aquaculture'92. Special Publication, 18: 533-544.
- SPENCER Y GOUGH, 1978. The growth and survival of experimental batches of hatchery-reared of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg, using different methods of tray cultivation. *Aquaculture*, 13: 293-312.
- STIRLING, H. P. Y OKUMUS, I. (1995) Growth and production of mussels (*Mytilus edulis*, L.) Suspended at salmon cages and shellfish farms in two Scottish sea lochs. *Aquaculture* 134, 193-210.
- WALNE, P. R., 1974. *Culture of Bivalve Mollusc*. 50 years experience at Conwy. Fishing News (Books) Ltd. England, 173.
- WRIGHT, S. H., 1982. A nutritional role for amino acid transport in filter-feeding marine invertebrates. *American Zoology*, 22: 621-634.